
A QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

FIGUEIREDO, Izabel Cristina¹

MACIEL, Bruno Ferreira⁶

MARQUES, Marcos Omir⁷.

Recebido em: 2008-06-18

Aprovado em: 2008-09-11

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.93

RESUMO: A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para obtenção de álcool é o principal fator a ser levado em conta para o melhor desempenho da fermentação alcoólica. Assim, nos últimos anos a maioria das empresas tem demonstrado a grande importância dos fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam a qualidade da cana-de-açúcar. Fatores extrínsecos são aqueles que estão relacionados com materiais estranhos ao colmo (terra, pedra, restos de cultura, plantas invasoras) ou compostos que são produzidos por microrganismos devido a sua ação sobre os açúcares do colmo. Esses fatores são afetados por danos no colmo, pragas e doenças, chuva, umidade relativa do ar, temperatura do ambiente, subsistemas de colheita e de transporte de cana. Assim, nesta revisão será analisado como esses fatores podem influenciar na qualidade da matéria-prima afetando o produto final.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Qualidade de matéria-prima. Fatores extrínsecos.

SUMMARY: The sugarcane quality, to alcohol industrial process, is a main factor to define the best development of the alcoholic fermentation process and of the general industrial process. Among factors, these that affect sugarcane quality, by other material except stalks, such as soil, stones, other plants, and compounds from microbiologic activity on sugar, are named extrinsic factors. The extrinsic factors are affected by mechanic stalks damage, insects and plants diseases occurrence, rain, air relative moisture, environment temperature, sugarcane harvest and transport systems. Therefore, in this paper, these factors will be analyzed in relation to the forms that affect raw matter and final products quality.

Keywords: Sugarcane. Raw matter quality. Extrinsic factors.

INTRODUÇÃO

O objetivo de uma agroindústria é ser rentável, e para o conhecimento da rentabilidade é necessário conhecer as perdas, a eficiência e o custo de produção. Nessa associação de variáveis, a qualidade da matéria-prima assume importância relevante, estando envolvida diretamente com o desempenho das operações de extração, fermentação e destilação, razão fundamental da obtenção de altos rendimentos e da qualidade do produto final (STUPIELLO, 1992).

Na indústria perde-se muito por moer algo que não é cana, causando desgastes, buchas,

2 Engenheiro Agrônomo, Pós-Graduando Gestão e Tecnologia Sucoalcooleira FAFRAM – Universidade da Cana.

3 Professor adjunto, Departamento de Tecnologia, FCAVJ/UNESP.

entupimentos e incrustações, reduzindo a vida útil dos equipamentos, aumentando o arraste de sacarose, prejudicando a fermentação, a fabricação de açúcar e de xaropes para a indústria alimentícia, enfim, muitos são os reflexos negativos na industrialização.

A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool é o principal fator a ser levado em conta para o melhor desempenho da fermentação alcoólica. Assim, nos últimos anos a maioria das empresas tem atribuído grande importância aos fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam a qualidade da cana-de-açúcar (Amorim, 2003).

Os fatores intrínsecos são aqueles relacionados à composição da cana (teores de sacarose, açúcares redutores, fibras, compostos fenólicos, amido, ácido aconítico e minerais). Contudo, a composição tecnológica da cana pode sofrer alterações causadas por fatores extrínsecos, aqueles que estão relacionados à presença com materiais estranhos ao colmo (terra, pedra, restos de cultura, plantas invasoras) ou compostos que são produzidos por microrganismos mediante a ação desses sobre os açúcares. Os fatores extrínsecos têm seus efeitos potencializados por danos nos colmos, incidência de pragas e doenças, ocorrência ou não de chuvas, umidade relativa do ar, temperatura do ambiente, além dos subsistemas de colheita e de transporte de cana (EGGLESTON et al. 2001; GODSHALL et al. 2000).

Fatores extrínsecos

IMPUREZAS

A quantidade e o tipo de impurezas presentes na matéria-prima dependem, dentre vários fatores, do sistema de produção, da qualidade do corte, carregamento e transporte, além das condições ambientais (ARAUJO, 1996; YATES, 1996). Matéria-prima com maiores quantidades de impurezas influencia diversas variáveis do caldo, como brix, pol, açúcares redutores, cinzas (YATES, 1996; LARRAHONDO et al. 1998); na produção global da usina ou destilaria (AMORIM et al. 2000); e no aumento dos custos por unidade produzida de açúcar ou álcool (ALLISON, 1977).

As impurezas podem ser de origem vegetal e mineral. As principais impurezas vegetais provêm da própria planta de cana-de-açúcar e podem ser constituídas por folhas verdes, secas e parcialmente secas, cartuchos, palmitos e ainda ervas daninhas que infestam o canavial (BOVI; SERRA, 2001; EGGLESTON et al. 2001). Folhas secas não trazem açúcares para a indústria, mas conduz os açúcares junto com o bagaço para a caldeira. Os tecidos imaturos e folhas verdes contêm sacarose, mas também açúcares redutores e outras impurezas insolúveis como a fibra que é responsável pela retenção de sacarose no bagaço (LEGENDRE; IRVINE, 1975; YATES, 1996).

Outras impurezas são frações minerais como terra ou até mesmo algum metal como partículas de implementos agrícolas que são levados juntamente com a matéria-prima para a indústria (BOVI; SERRA, 2001; NUNES, 2003). A terra é uma das principais impurezas presentes na cana a ser moída e eleva os custos de transporte e de manutenção de equipamentos

industriais, reduzem a eficiência de moagem e a extração de sacarose (GARSON, 1992; VOLPATO, 2001). Não obstante, a presença de terra na cana aumenta a ocorrência de bactérias que causam problemas no processo como um todo, mas em especial na fermentação, diminuindo a produção de etanol (AMORIM et al. 2000). MULLER et al. (1982) lista os problemas operacionais da presença de impurezas na matéria-prima da seguinte maneira: transporte de material adicional até a fábrica; redução na capacidade efetiva do esmagador; requerimento adicional na capacidade de filtragem e perdas de pol e lodo.

SISTEMAS DE DESPALHA E QUANTIDADE DE IMPUREZAS

O sistema de despalha e colheita podem influenciar na qualidade da matéria-prima, pois, em função da textura do solo, condições climáticas e cultivares, a cana pode ser enviada à indústria com maior ou menor quantidade de impurezas de origem mineral e vegetal. Assim, na cana colhida queimada a quantidade de impurezas minerais pode ser 17% maior em comparação à cana crua (CAMPOS; MARCONATO 1994). Os autores justificam a maior quantidade de impurezas minerais da cana queimada pela aderência à exsudação do colmo, bem como pela fricção da palha nos toletes. Quando se trata de impurezas vegetais, que representa a maior parte do “trash”, a cana crua apresentou cerca 75% mais impurezas vegetais, portanto maiores quantidades de impurezas totais como foi verificado também em estudos realizados posteriormente (ROZEFF, 1996; GODSHALL, 2000; EGGLESTON et al. 2001).

Apesar de a cana queimada apresentar níveis mais baixos de impurezas, numerosos autores apontam que a cana queimada se deteriora mais rapidamente (GODSHALL et al, 2000; EGGLESTON et al. 2001). Segundo Larrahondo (1997), a queima retira a camada serosa do colmo causando aberturas ou fissuras por onde aparecem exsudações ricas em açúcares que favorecem o desenvolvimento de bactérias e outros microrganismos deterioradores do colmo.

SISTEMAS DE CORTE

Quando se avalia a influência do método de colheita na qualidade da matéria-prima, a colheita de colmo inteiro realizada manualmente é a menos interferente por que os colmos sofrem menores danos mecânicos e se deterioram a taxas menores, (IRVINE; LEGENDRE, 1977). Entretanto, a mecanização agrícola da colheita será responsável por maior parte da colheita no futuro, porém, quando se discute a qualidade da matéria-prima resultante deste método, as preocupações se acentuam.

Em relação à colheita, Eggleston et al. (2001) verificaram a maior e mais rápida deterioração no sistema de cana em toletes (mecânica) em comparação com a colheita do colmo inteiro (manual). As colhedoras combinadas promovem múltiplos cortes no colmo, que está associado ao rompimento de um maior número de células permitindo maior inversão da sacarose, produzindo glicose e frutose, perdendo o açúcar que seria utilizado na indústria.

Ademais, as moléculas de glicose são utilizadas por microrganismos deterioradores do colmo que, em função do tempo entre corte e processamento, poderão atuar. Em função da altura de corte, a cana colhida mecanicamente está sujeita a apresentar maiores quantidades de impurezas em decorrência da utilização incorreta da máquina e nivelamento do terreno, contribuindo para queda na qualidade da matéria-prima (AMORIM et al. 2000; VOLPATO, 2001).

TEMPO DECORRIDO ENTRE CORTE E PROCESSAMENTO

Diversos pesquisadores relatam a importância do tempo decorrido entre o corte da cana e o seu processamento (GENTRY; GASCHO, 1972; IRVINE, 1993; ARAUJO, 1996; EGGLESTON et al. 2001). Após o corte, a cana pode se deteriorar rapidamente em função das condições ambientais, do modo de despalha, tipo de corte e infestação por pragas (IRVINE, 1993). Sturion et al. (1975), relataram que a industrialização da cana em estágio de deterioração acarreta problemas, tais como: menor qualidade tecnológica da matéria-prima, menor eficiência de extração, dificuldade na clarificação do caldo e aumento da viscosidade dos produtos intermediários, com conseqüente queda no rendimento industrial.

Segundo Eggleston et al. (2001), a deterioração é influenciada pela sanidade da cana e condições ambientais. De acordo com Irvine (1993), os colmos de cana-de-açúcar podem se deteriorar mediante processos enzimáticos, com destaque para a ação da enzima invertase, que converte a sacarose em glicose e frutose, promovendo redução da pureza; e por processos químicos em que a inversão é causada por condições ácidas; e por processos microbiológicos que também podem deteriorar a cana, primariamente, causados pelas bactérias *Leuconostoc* sp e *Lactobacillus* sp.

Gentry; Gascho (1972) e Eggleston et al. (2001), estudaram a deterioração de toletes de cana armazenados por 72 horas, em função do tamanho, encontrando reduções significativas do pH dos caldos e da Pol da cana. A acidificação do caldo é provocada pela presença de ácido láctico produzido por *Leuconostoc* sp. e *Lactobacillus* sp., podendo provocar floculação e interrupção da fermentação, mesmo ainda havendo açúcares nas dornas. Valores de Pol reduzidos implicam menor disponibilidade de açúcares redutores totais para ser convertido em etanol pelas leveduras, levando a perdas em eficiência e econômicas no processo industrial.

SANIDADE DA MATÉRIA-PRIMA

Além de provocar redução significativa na produtividade de colmos, as pragas da cana-de-açúcar, a ocorrência de plantas invasoras, doenças e insetos podem afetar negativamente a qualidade da matéria-prima no processo de fabricação do álcool (PRECETTI, et al. 1988; IRVINE, 1993; DINARDO-MIRANDA et al, 2002).

A infestação do canavial por plantas daninhas está associada ao aumento de impurezas

na moenda, especialmente quando a colheita é mecanizada (IRVINE, 1993).

Precetti et al. (1989) avaliando perdas tecnológicas em cana-de-açúcar sob ataque de saúva (*Atta bisphaerica*), concluiu que houve redução da pol % cana, brix, pureza e aumento no teor de fibra em canas próximas do saúveiro. Pragas que danificam o tecido da planta permitem à entrada de microrganismos, que afetam negativamente a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Dinardo-Miranda et al. (2000) verificaram que o ataque de cigarrinhas (*Mahanarva fimbriolata*) também afeta a qualidade tecnológica da matéria-prima, causando incrementos na fibra, reduções na pol % cana e no pH do caldo extraído, corroborando com os resultados de Gonçalves et al. (2003). A queda no pH do caldo está associada à produção de ácidos orgânicos, com destaque para ácido acético e ácido láctico que são tóxicos as leveduras (AMORIM, 2005).

Em uma série de estudos, pesquisadores constataram que o ataque da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) reduziu o brix, sacarose, pureza e aumentaram a porcentagem de fibras e de açúcares redutores (BLUMER, 1992; VALSECHI et al. 1976; PRECETTI et al., 1988). Silva; Campos (1975) citado por Blumer (1992), estimam que, para uma infestação de 10,0%, existe uma perda de 3,09 Kg/ 100 Kg de Pol. De acordo com Precetti et al. (1988), a perda ocasionada a cada 1% de infestação desta praga seria de 62 litros de etanol por hectare. Blumer (1992), estudando o complexo broca/podridões, verificou que a interação da broca com microrganismos invasores intensifica a formação metabólitos que afetam negativamente a fermentação alcoólica. No processo de fabricação de álcool, os colmos atacados aportam substâncias inibidoras do processo fermentativo (ácidos orgânicos voláteis, compostos fenólicos), que influenciam a morfologia celular, conversão do açúcar em álcool, reduzindo a eficiência fermentativa e rendimento industrial (STUPIELLO, 1999).

MICRORGANISMOS E COMPOSTOS PRODUZIDOS

De forma geral, os microrganismos estão presentes em todos os estágios do cultivo da cana-de-açúcar e da sua industrialização, com largo impacto ao longo de todo o processo produtivo. A cana-de-açúcar, assim como o caldo, são substratos ideais para o rápido crescimento de bactérias (TROST; STEELE, 2002). No setor agrícola os vírus também são organismos importantes, segundo Mayeux citado por TROST; STEELE (2002), a cana-de-açúcar é vulnerável a viroses como vírus do mosaico da cana-de-açúcar (SVMV). Mayeux mostrou que folhas infectadas apresentam quantidades de bactérias muito maiores do que a folha sadia. Deste modo, a moagem de plantas infectadas resultará na introdução de um maior número de bactérias no caldo. Fungos também são encontrados no colmo da cana como *Fusarium*, *Candida*, *Saccharomyces*, *Torula* e *Pichia* (BEVAN; BOND, 1971).

Em relação aos problemas causados por microrganismos, aqueles oriundos de impurezas

minerais e vegetais existentes na cana, são essencialmente, os que causam problemas no setor de extração de caldo. Dentre esses, fungos e bactérias lácticas desempenham papel em um ou mais setores da usina, de acordo com as condições peculiares de cada etapa de produção. As bactérias acéticas como *Acetobacter* sp. têm importância nas moendas e nas peneiras removedoras de bagacilho. Nos setores de fermentação e destilação, as leveduras alcoólicas e bactérias lácticas *Lactobacillus* sp. e *Leuconostoc* sp., principais causas de fermentações indesejáveis, são as mais importantes (BOLETIM TÉCNICO COOPERSUCAR, 1983).

Leuconostoc mesenteroides, assim como os gêneros *Lactobacillus* e *Bacillus* são os mais comuns na cana (IRVINE, 1993; TROST; STEELE, 2002). Na produção de dextrana, pelas bactérias *Leuconostoc* sp., existe consumo da sacarose, permanecendo como subproduto a frutose, a qual se decompõe em ácidos orgânicos que induzem a queda do pH. Isso ocasiona um aumento na taxa de inversão de sacarose por catálise ácida, formando um círculo vicioso, deteriorando o caldo, produzindo mais melaço e incrementando as perdas na produção global de etanol (AMORIM, et al. 2000; AMORIM, 2005). Foi verificado que caldos deteriorados demandam maior quantidade de cal para sua alcalinização, a sedimentação é mais lenta e a qualidade do caldo inferior (GALLO; CAMPOS, 1991).

Os *Lactobacillus* produtores de ácidos causam sérios problemas de floculação da levedura nas dornas na fermentação alcoólica, aumentando o tempo de fermentação e custo de produção no controle de infecções (GALLO; CAMPOS, 1991). O antagonismo entre a levedura e os organismos contaminantes ocorre devido à produção de ácido láctico pela bactéria, que pode inibir fortemente o metabolismo da levedura e reduzir o rendimento fermentativo (OLIVA NETO; YOKOYA, 2001).

Não obstante, existem outras substâncias que são produzidas pela própria levedura fermentativa e que, em alguns casos, não são desejáveis como glicerol, ácido acético, alcoóis superiores, pois se não reduzem a formação de etanol colaboram para reduzir a qualidade do álcool. O ácido acético aumenta a acidez e, juntamente com os alcoóis superiores dificultam a obtenção de álcool fino. A produção destes compostos em quantidades expressivas pode acontecer quando da ocorrência de condições inadequadas no meio fermentativo (GUTIERREZ et al. 1991). O glicerol e, em essência produzido pelo metabolismo da levedura, mas pode ser produzido, também, por estímulo de contaminações bacterianas (AMORIM, 2005; CAMOLEZ; MUTTON, 2005), pode diminuir o rendimento de alcoólico.

Como resultado do ataque de pragas, é produzida uma ampla variedade de ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Essas substâncias reduzem a utilização do açúcar durante o metabolismo fermentativo, decrescendo a produção de etanol, e alterando a composição do produto final (MUTTON; MUTTON, 2002).

FATORES CLIMÁTICOS

Diversos autores citam efeitos do clima sobre as variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar (MOREL DU BOIL, 1997; GODSHALL, et al. 2000; EGGLESTON et al. 2001). De acordo com James (1999), o clima tem grande influência sobre a qualidade da cana, e pode ou não favorecer o acúmulo de sacarose. Segundo Mutton; Mutton (2005), devem ser considerados também os reflexos da condição ambiental nas deteriorações tecnológicas e microbiológicas que ocorrem em pós-colheita.

Em relação a fatores climáticos, Amorim et al. (2000) correlacionaram a umidade do ar no momento do corte com a porcentagem de solo e quantidade de bactérias na cana, verificando correlação linear positiva. Altas quantidades de solo estão ligadas ao maior desgaste do maquinário agrícola e dos equipamentos da indústria. Assim como a elevada umidade do ar, a chuva promove aumento da quantidade de impurezas na matéria-prima (LARRAHONDO, et al. 1998).

Morel Du Boil (1997) avaliou o efeito da geada na qualidade da cana e verificou que em canas maduras pode-se ter um efeito benéfico no acúmulo de sacarose, não obstante, são claras as diferenças entre as cultivares com relação à resistência à geada. Em geral, a depender da intensidade e da duração do acontecimento, os danos que podem ocorrer são decorrentes do aumento na população de microrganismos associados aos processos de deterioração. Nesse caso, entre os efeitos causados, podem-se citar: queda na pol, aumento da fibra, redução da pureza e aumento da acidez afetando o processamento. Ainda, pode-se verificar o aparecimento de brotações laterais que são também uma forma de impureza, promovendo alterações na composição do caldo.

Os fatores climáticos ainda têm influência definitiva na maturação e no florescimento da cana-de-açúcar, principalmente temperatura e umidade, estão diretamente ligados à qualidade da cana (HUMBERT, 1968).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um processo com alto rendimento e um produto final de qualidade está diretamente relacionado com a qualidade da matéria-prima, a qual deve ser fresca, livre de impurezas e sem o ataque de pragas e doenças.

Os fatores climáticos interferem na qualidade da cana, seja durante o corte ou em pós-colheita.

Assegurar a boa qualidade da matéria-prima na área agrícola pode refletir em aumento de produtividade, economia no processo industrial e aumento na eficiência.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, W. F. Effect of extraneous material and fiber in sugarcane on the sugar extraction and recovery. **Proceedings of the XVI Congress International Society of Sugarcane Technologist**, São Paulo. Brasil, 9-29 September, 1977, p.2173-2178.
- AMORIM, H. V. O que é qualidade de matéria-prima? In: REUNIÃO AGRÍCOLA DA FERMENTEC, 8., 2003, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: Fermentec, 2003. p. 5-6.
- AMORIM, H. V. **Fermentação Alcoólica: Ciência & Tecnologia**. Piracicaba: Fermentec, 2005, 448 p: il.
- AMORIM, H. V; OLIVEIRA, A. J; SILVA, L. F. L. F; BERNADINO, C. D; GODOY, A; ALVES, D. M. G. Impact of sugarcane quality on sugar and alcohol yields. **International Sugar Journal**, v.102, n.1214, p.86-88, 2000.
- ARAUJO, L. B. E. La pérdida de azúcar por causa de la cosecha. **International Sugar Journal**, v.98, n.1165S, p.5-8, 1996.
- BOLETIM TÉCNICO COOPERSUCAR, 1983. Controle microbiológico da usina de açúcar e álcool. 22, p.2-17.
- BEVAN, D. & BOND, J. Microorganism in Field and Mill – a preliminary survey. **Proc. Qd. Soc. Sugar Cane Technol.** 1971, 38th Confer., p.137-143.
- BLUMER, E. **Efeito do complexo broca/podridões na fermentação etanólica**. 1992. 66p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1992.
- BOVI, R; SERRA, G. E. Folhas verdes, folhas secas, fibra do colmo e a clarificação do caldo de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.457-463, 2001.
- CAMOLEZ, M. A; MUTTON, M. J. R. Influência de microrganismos contaminantes sobre o processo fermentativo. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.23, n.5, p.42-47, 2005.
- CAMPOS, M. S; MARCONATO, A. Sistema cana crua x Sistema cana queimada CLAAS 2000. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.12, n.3, p.10-16, 1994.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Influência das cigarrinhas das raízes, *Mahanarva fimbriolata*, sobre a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar e Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.19, n.2, p.34-35, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V.; PARAZZI, V. J. Efeito de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e de nematóides fitoparasitos na qualidade tecnológica e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.4, p.609-604, 2002.

EGGLESTON, G.; LEGENDRE, B.; RICHARD, C. Effect of harvest method and storage time on sugarcane deterioration I: cane quality changes. **International Sugar Journal**, v.103, n.1232, p. 331-338, 2001.

GALLO, C. R.; CAMPOS, V. P. Contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica – Revisão. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.9, n.4/5, p.35-40, 1991.

GARSON, C. A. Control of Harvester Base Cutter Height. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*. 1992. p.156-162.

GENTRY, J. P.; GASCHO, G. J. Deterioration of sugar cane as affected by length of cut and delay in milling. **Amer. Soc. Agric. Eng.**, 105:1-5, 1972.

GODSHALL, M. A et al. Effect of harvest system on cane juice quality. **Proceedings of the 2000 Sugar Processing Research Conference**, Porto, Portugal, 9-12 April, 2000.

GONÇALVES, T. Det al. Qualidade da matéria-prima em função de diferentes níveis de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.22, n.2, p.29-33, 2003.

GUTIERREZ, L. E.; AMORIM, H. V.; BASSO, L. C. Inibidores da Fermentação Alcoólica. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.9, n.6, p.24-30, 1991.

HUMBERT, R. P. **The growing of sugar cane**. Ed. Elsevier. Amsterdam. 1968. 779p.

IRVINE, J. E. Sugarcane. In: CHEN, J.C.P.; CHOU, C.C. (Ed) **Cane Sugar Handbook**. A Manual for Cane Sugar Manufactures and their Chemists. New York, John Wiley & Sons, Inc., 12th ed., 1993, 1090 p.

IRVINE, J. E.; LEGENDRE, B. L. Deterioration in chopped and whole-stalk sugarcane. **Proceedings of the XVI Congress International Society of Sugarcane Technologist**, São Paulo, Brasil, 9-29 September, 1977, p.963-970.

JAMES, G. The chemical ripening of sugarcane. **International Sugar Journal**, v.101, n.1211, p.560-562, 1999.

LARRAHONDO, J. E et al. O. Evaluation of cane trash. **International Sugar Journal**, v.100, n.1200, p.587-591, 1998.

LARRAHONDO, J. E. Calidad de La Caña de Azúcar. Cenicaña, 1997. Disponível em: www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf

LEGENDRE, B. L; IRVINE, J. E. Some effects of cane trash on milling quality of sugar cane. **Proceedings of the South African Sugar Technologists**, p.167-173, 1975.

MAYEUX, P. A. **Some studies on the microbial flora of sugarcane**. Thesis submitted to Louisiana State University for degree of Master of Science in Botany, Bacteriology, and Plant Pathology. Citado por TROST, L.W.; STEELE, F.M. (2002).

MOREL DU BOIL, P. G. Effect of frost on cane quality and processing. **International Sugar Journal**, v.99, n.1181, p.238-241, 1997.

MULLER, A. L; PLAYER, M. R; WEISE, M. B. An Examination of the input, disposition and effect of dirt in Queensland Sugar Mills. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Australia, 1982, p.1-9.

MUTTON, M. J. R; MUTTON, M. A. Maturadores químicos em cana-de-açúcar: III - Efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. **Anais... Recife: STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 2002. p.452-457.

MUTTON, M. J. R; MUTTON, M. A. Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.23, n.4, p.42-46, 2005.

OLIVA NETO, P; YOKOYA, F. Susceptibility of *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria from the alcohol industry to several antimicrobial compounds. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.32, p.10-14, 2001.

PRECETTI, A. A. C. M et al. Perdas tecnológicas em cana-de-açúcar, devido à ação da saúva mata-pasto *Atta bisphaerica*. **Boletim Técnico COOPERSUCAR**. São Paulo, v.40,p 3-8, 1989.

PRECETTI, A.A.C.M.; TERÁN, F.O.; SANCHEZ, A.G. Alterações nas características tecnológicas de algumas variedades de cana-de-açúcar, devidas ao dano da broca *Diatraea saccharalis*. **Boletim Técnico COOPERSUCAR**. São Paulo, v.40,p.3-8, 1988.

RAO, P. N. G.; KUMAR, K. Effect of flowering on juice quality and fibre content in sugarcane. **Sugar Tech**, v.5, n.3, p.185-187, 2003.

RIDGE, D. R; DICK, R. G. Current Reserch on Green Cane Harvesting and Dirt Rejection by Harvesters. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**.1988. p.19-25.

ROZEFF, P. N. Comparaciones entre La cosecha de caña quemada em Texas. **International Sugar Journal**, v.98, n.1166S, p.51-56, 1996.

STUPIELLO, J. P. Produção de aguardente: Qualidade da matéria-prima, p 9-21. In M.J.R. Mutton & M.A. Mutton. **Aguardente de cana produção e qualidade**. Jaboticabal: Funep, 1992, 163p.

STUPIELLO, J. P. Complexo broca/podridões: avaliação-interpretação da intensidade de dano e efeitos no processamento de álcool. IV Semana da cana-de-açúcar de Piracicaba – I Feira nacional da cana-de-açúcar. In: **STAB - Açúcar e Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.5, 1999.

STURION, A.C; FERREIRA, L. J; ROSSETO, A. J. Deterioração te toletes de cana-de-açúcar. **Anais do III Seminário COPERSUCAR da agroindústria açucareira**. Águas de Lindóia, SP. 1975, pg.381-387.

TROST, L. W; STEELE, F. M. Review article: Control of microbiological losses prior to cane delivery, and during sugar processing. **International Sugar Journal**, v.104, n.1239, p.118-123, 2002.

VALSECHI, O. OLIVEIRA; E. R. DE. BARBIN, D. Alguns efeitos da broca (*Diatraea saccharalis*, Fabr.) nas qualidades tecnológicas do caldo e do colmo da cana de açúcar [*Saccharum spp*]. **Brasil Açucareiro**, v.90, n.6, p.35-65, 1977.

VOLPATO, J. L. M. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. 2001. 204 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

YATES, R .A. Factors that affect the quality of sugarcane – Part II: Management practices. **International Sugar Journal**, v.98, n.1171, p.362-366, 1996.